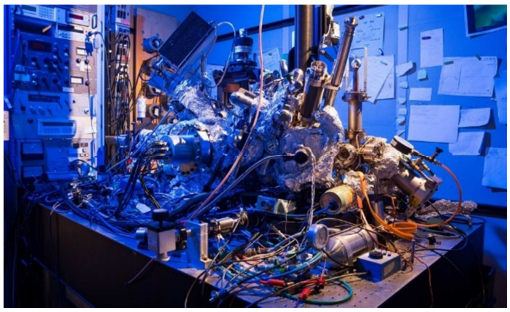
Structure interne de l'atome (séance 1)

Contexte : Des premiers travaux de Démocrite aux techniques actuelles, les scientifiques ont cherché à connaître la composition de la matière : par la pensée initialement dans l'Antiquité, puis expérimentalement de nos jours. Aujourd'hui les nouvelles techniques nous permettent d'explorer la matière. Il existe entre autres des moyens pour casser les atomes afin de voir à l'intérieur.

Problématique : L'atome est-il la plus petite particule qui compose la matière ?

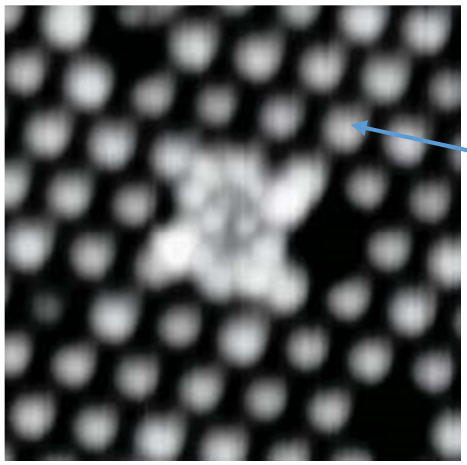
Ressources :

Document 1 - Microscopie à effet tunnel

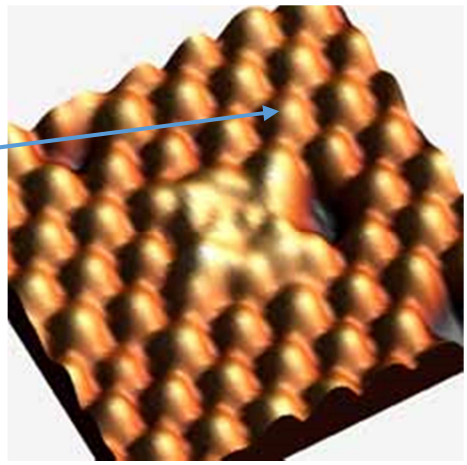


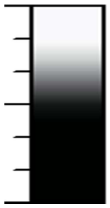
Un microscope à effet tunnel est une technique permettant de "voir les atomes". Les images issues des microscopes à effet tunnel ne sont pas des photos mais des **topographies, c'est à dire des cartes de relief.** Les couleurs couramment observées sur ces images ne sont donc pas des couleurs réelles mais un moyen pratique de représenter le relief.
Pour illustrer différentes façons de représenter une topographie, voici un exemple tiré de travaux de recherche réalisés au LPPM à l'université d'Orsay.

Dans l'exemple ci-dessous, la même topographie d'un échantillon de matière est représentée de deux façons différentes :

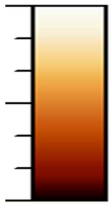


Même atome





Les nuances de gris traduisent ici l'altitude du relief allant de 0 nm (noir) à 0.6 nm (blanc). Les couleurs sombres correspondent donc aux zones en profondeur et les couleurs claires aux zones en hauteur.



On peut également choisir une représentation 3D. C'est plus agréable à regarder.

Ce mode de représentation est couramment utilisé pour mieux rendre compte de la nature géométrique des images STM.

Q1 – Nous avons jusqu'à maintenant représenté les atomes par des sphères de couleurs et tailles différentes. Par exemple, on représente l'atome d'hydrogène par une petite sphère blanche, et l'atome d'oxygène par une sphère rouge.
Expliquer en quoi cette représentation des atomes est proche des observations modernes en microscopie à effet tunnel des atomes.

Document 2 : l'atome, une particule fondamentale de la matière ?

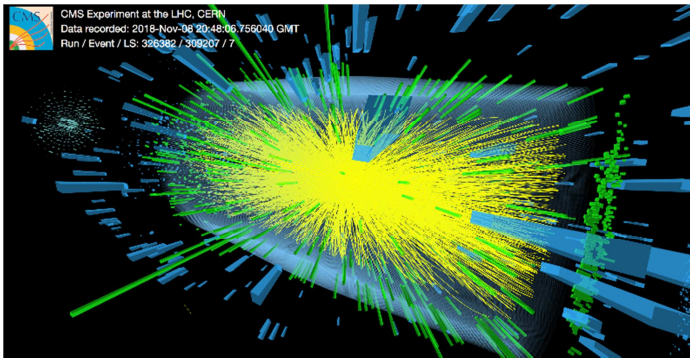
Comment connaître la composition, le fonctionnement interne d'un appareil ou d'un objet ? Un moyen simple que l'on fait depuis le plus jeune âge est simplement d'ouvrir (quand cela est possible) ou de casser l'objet pour voir ce qu'il y a à l'intérieur... Lorsque les scientifiques ont découvert l'existence de l'atome, ils ont évidemment cherché à savoir s'il s'agissait de la particule la plus petite qui compose toute la matière.

Un des moyens modernes actuels de savoir si c'est le cas repose là encore sur le fait de « casser ces atomes ». Les scientifiques ont donc en quelque sorte gardé leurs âmes d'enfants, mais les moyens pour y parvenir sont bien plus complexes.

Le LHC (Large Hadron Collider) est un bon moyen de découvrir la composition de l'atome. Il est l'accélérateur de particules du CERN le plus grand et le plus puissant du monde. Il consiste en un anneau de 27 kilomètres de circonférence formé de structures permettant l'accélération de particules qui y circulent.

Des faisceaux de particules sont envoyés dans les deux sens de l'anneau. Après avoir atteint une vitesse proche de celle de la lumière, ces particules entrent en collision dans un détecteur. Les collisions produisent des gerbes de particules très diverses qui permettent, une fois analysées, de comprendre la matière et l'infiniment petit.

L'image du dessous est un écran de capture d'une collision enregistrée dans le LHC par le détecteur CMS.



L'une des premières collisions entre des noyaux de plomb en 2018 enregistrée par le détecteur CMS. (Image: CMS/CERN)

Q2 - Au regard du document 2, est-il juste de considérer que l'atome est une particule fondamentale de la matière ?

Document 3 : Quelques informations sur l'atome

Les recherches actuelles à l'aide notamment de la microscopie à effet tunnel et du LHC nous permettent d'obtenir plusieurs données sur les dimensions et masses de l'atome :

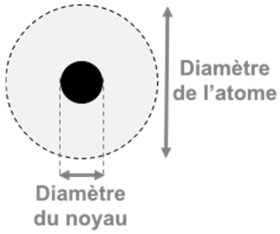
- Apport de la microscopie à effet tunnel : mesure du diamètre de l'atome.
- Apport du LHC : en son centre, l'atome concentre dans un tout petit espace appelé noyau une masse importante devant la masse de l'atome entier.

Quelques données de l'étude d'un atome d'hydrogène :

	Masse (kg)	Diamètre (en m)
Atome	$1{,}6736 \times 10^{-27}$	10^{-10}
Centre de l'atome (noyau)	$1{,}6718 \times 10^{-27}$	10^{-15}

Q3 - Comparer la masse de l'atome devant la masse du noyau situé au centre de l'atome. Que peut-on conclure ?

Q4 – On souhaite réaliser **un schéma à l'échelle** sur le cahier à partir des données concernant le diamètre de l'atome et celui du noyau (voir document 3).



Choisir une valeur en centimètre du diamètre que fera votre noyau sur votre schéma. Puis, déterminer par proportionnalité le diamètre que devrait alors avoir l'atome sur votre schéma. Commenter la valeur obtenue.

Réfléchir au bilan : Conclure sur la place qu'occupe le noyau et la répartition de la masse au sein de l'atome. Est-il possible de faire un schéma de l'atome à l'échelle sur le cahier ?

Structure interne de l'atome (séance 2)

Contexte : Approfondissement des questionnements abordés sur la composition interne de l'atome.

Problématiques : Quelle est la composition du noyau d'un atome ? Qu'est-ce qui est réellement conservé lors la réaction chimique ?

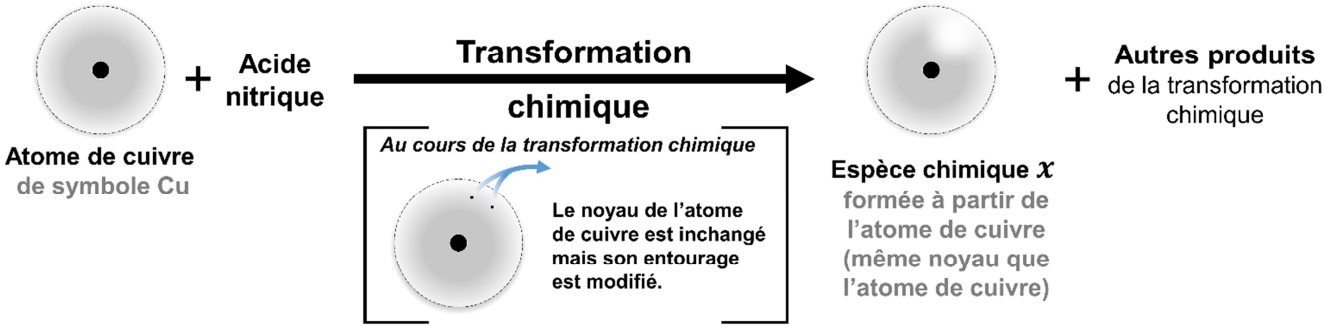
Partie 1 : Composition de l'espace entre la limite de l'atome et le noyau

Document 1 : Réaction entre le cuivre et l'acide nitrique concentrée

Plongé dans une solution concentrée d'acide nitrique, le cuivre forme du nitrate de cuivre, du dioxyde d'azote et de l'eau.
Cette expérience ne sera pas réalisée en classe car le gaz formé (dioxyde d'azote) est nocif.
Comme vu en classe de quatrième, lors d'une transformation chimique, tous les atomes présents avant la transformation se conservent et se retrouvent ainsi dans les produits de la transformation.

Réaction entre le cuivre et l'acide nitrique
Lien vidéo :
http://acver.fr/cuivre-nitrique

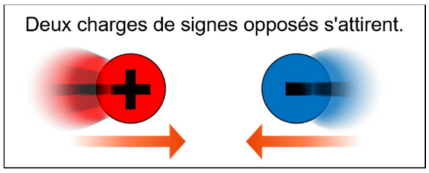
Dans un souci de simplification, nous supposerons que lors de cette transformation les atomes de cuivre sont transformés sous l'action de l'acide nitrique. Lors de cette transformation chimique, une espèce chimique (que nous appellerons x) est formée à partir de l'atome de cuivre et possède le même noyau que l'atome de cuivre. Nous supposerons que des particules situées autour du noyau ont été arrachées, on se questionne sur la nature de ces particules.

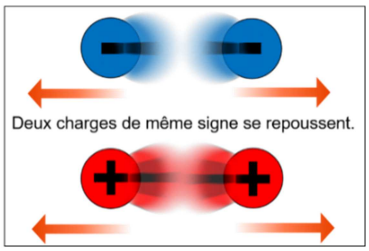


✓ **Une solution contenant cet élément cuivre est à votre disposition pour analyse.**

Document 2 : La charge électrique et l'électrophorèse

La **charge électrique** est une notion qui permet d'expliquer certains comportements de la matière. Contrairement à la masse, la charge électrique peut prendre deux formes, que l'expérience amène à considérer comme « opposées » ; on les qualifie arbitrairement de positive et négative.





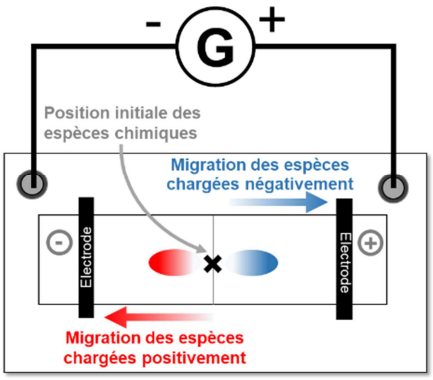
Questions préliminaires :

QP 1 : Doc. 1 - Quels sont les réactifs et produits de la transformation ? Quelle est l'évolution constatée au cours de cette transformation au sein de l'atome de cuivre ?

QP 2 : Doc. 2 - Un objet chargé positivement a-t-il tendance à repousser ou attirer des particules chargées positivement ? Et négativement ?

Description de l'électrophorèse : L'électrophorèse est un principe de migration de particules chargées électriquement sous l'influence d'un générateur (voir schéma).

Réaliser le protocole expérimental suivant :



1. Tracer un trait fin au crayon à papier pour repérer le milieu de la bande de papier qui vous a été distribuée. Indiquer un signe ⊕ et un signe ⊖ de chaque côté de la bande.
2. Placer la bande de papier sous les électrodes entre les deux clips destinés à maintenir ces électrodes (*en respectant les bornes + et - voir schéma*).
3. Imbiber soigneusement le papier avec la solution aqueuse de chlorure de sodium (eau salée) en plongeant la bande dans une solution d'eau salée.
4. Déposer délicatement au milieu du trait deux gouttes de la solution contenant l'espèce chimique formée x.
5. Relier les électrodes au générateur réglé sur la tension 12 V continu.
6. Attendre la migration de l'élément cuivre. **Passer à la partie 2 en attendant la migration.**

Partie 2 : Composition du noyau atomique

Doc 3 : présentation de quelques noyaux d'atomes

http://acver.fr/composition-noyau
(de 18 : 29 jusqu'à 20 :24)

Extrait de « Uranium : si puissant et si dangereux ». Derek Muller

Doc 4 : Quelques données sur le noyau des quelques éléments

Quelques données sur le proton et le neutron :

	Proton	Neutron
Masse	$1{,}672 \times 10^{-27}$ kg	$1{,}672 \times 10^{-27}$ kg
Diamètre	10^{-15} m	10^{-15} m
Charge	Chargé	Non chargé

Composition du noyau de quelques éléments chimiques :

	Hydrogène (H)	Carbone (C)	Oxygène (O)	Azote (N)
Proton	**1**	**6**	**8**	**7**
Neutron	**De 0 à 6**	**De 2 à 16**	**De 4 à 20**	**De 3 à 18**

Q1 : Qu'est-ce qui définit l'élément chimique ? (doc. 3)
Q2 : Pourquoi l'atome d'hydrogène est-il l'élément chimique le plus simple de l'univers ? (doc. 3 et 4)
Q3 : L'atome de carbone d'un arbre et celui d'un diamant sont-ils identiques ? Qu'ont-ils en commun ?
Q4 : Quels constats peut-on faire au regard des données sur le proton et le neutron du document 4 ?
Bilan : Comment différentier les éléments chimiques ?

Retour sur la partie 1 :

Arrêter l'électrophorèse : arrêter générateur, débrancher le câble du secteur, retirer les électrodes et récupérer la bande de papier pour la faire sécher au bureau et ranger l'ensemble du matériel.

Structure interne de l'atome (séance 3)

Séance 3 : Retour sur l'expérience, analyse et interprétation de la partie 1 :

Document : L'électron

Les particules placées autour du noyau sont appelées électrons et sont notamment responsables des phénomènes électriques et du déplacement du courant dans les circuits. Elles sont environ 2 000 fois moins lourdes que les protons et neutrons. Dans l'atome, les électrons compensent la charge du noyau.

Retour sur l'expérience :

Q1 : Quelle observation peut-on faire sur la position de la tache ?

Interprétation de l'expérience :

Q2 : Quel est le signe de la charge de l'espèce x déposée sur la plaque ?

Q3- Au regard des observations, peut-on donner le signe de la charge des électrons ?

Q4- L'atome est-il électriquement neutre ? Indiquer le signe des charges du noyau et des électrons.

Faire un schéma bilan : On donne la composition d'un atome d'hélium : 2 protons ; 1 neutron et 2 électrons. Faire sur une feuille A4 un schéma bilan de cet atome (*sans soucis d'échelle*) en plaçant les différentes particules qui composent l'atome en indiquant les charges.